

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 09-111412

(43) Date of publication of application : 28.04.1997

---

(51) Int.CI.

C22C 38/00  
C22C 38/28  
C22C 38/38  
C22C 38/54  
C22C 38/58  
C22C 38/60  
// F16C 7/00

---

(21) Application number : 07-271276

(71) Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22) Date of filing : 19.10.1995

(72) Inventor : UNO MITSUO

SAKAMOTO MASAKI

---

(54) NON-HEAT TREATED STEEL HAVING HIGH STRENGTH, HIGH YIELD RATIO, AND LOW DUCTILITY

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a non-heat treated steel having a division fracture surface showing brittle fracture surface, suitably used as a steel for connecting rod, and combining high strength, high yield ratio, and low ductility by providing a specific composition in which proper amounts of Si, V, and P are simultaneously added.

**SOLUTION:** This non-heat treated steel has a composition which consists of, by weight, 0.20–0.65% C, 0.1–1.5% Si, 0.3–2.0% Mn, 0.02–0.15% P, 0.01–0.10% S, 0.02–1.50% Cr, 0.05–0.50% V, 0–0.10% Nb, 0–0.20% Ti, 0–0.100% Al, 0–0.02% N, and the balance Fe and in which  $fn_1$ , represented by  $fn_1 = Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8$ , and  $fn_2$ , represented by  $fn_2 = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$ , are both regulated to  $\geq 0$ . Moreover, one or more kinds among 0.01–0.2% Cu, 0.01–0.5% Ni, 0.01–0.50% Mo, and 0.0003–0.0100% B, and/or 0.01–0.30% Pb may further be incorporated into the steel.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-111412

(43)公開日 平成9年(1997)4月28日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 22 C 38/00	301		C 22 C 38/00	301 Z
38/28			38/28	
38/38			38/38	
38/54			38/54	
38/58			38/58	

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全10頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平7-271276	(71)出願人	000002118 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22)出願日	平成7年(1995)10月19日	(72)発明者	宇野 光男 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友 金属工業株式会社小倉製鉄所内
		(72)発明者	坂本 雅紀 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友 金属工業株式会社小倉製鉄所内
		(74)代理人	弁理士 森 道雄 (外1名)

(54)【発明の名称】 高強度・高降伏比・低延性非調質鋼

(57)【要約】

【課題】高い強度と降伏比を有し、低延性で常温分割加工が可能でその分割破面がフラットな脆性破面を呈する、コンロッド用鋼として好適な鋼の提供。

【解決手段】C: 0.20~0.65%、Si: 0.1~1.5%、Mn: 0.3~2.0%、P: 0.02~0.15%、S: 0.01~0.10%、Cr: 0.02~1.50%、V: 0.05~0.50%、Nb: 0~0.10%、Ti: 0~0.20%、Al: 0~0.100%、N: 0~0.02%を含有し、残部はFeと不可避不純物からなり、Si (%) + 2V (%) + 5P (%) - 0.8 ≥ 0 及び C (%) + Si (%) / 10 + Mn (%) / 5 + 5Cr (%) / 22 + 1.65V (%) - 5S (%) / 7 - 0.8 ≥ 0 であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。Cu、Ni、Mo、B、Pbのうちの1種以上を含有していても良い。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C:0.20~0.65%、Si:0.1~1.5%、Mn:0.3~2.0%、P:0.02~0.15%、S:0.01~0.10%、Cr:0.02~1.50%、V:0.05~0.50%、Nb:0~0.10%、Ti:0~0.20%、Al:0~0.100%、N:0~0.02%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、且つ $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。但し、

$$f_{n1} = Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8,$$

$$f_{n2} = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$$

【請求項2】請求項1に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01~0.2%のCu、0.01~0.5%のNi、0.01~0.50%のMo及び0.0003~0.0100%のBのうちの1種以上を含有し、且つ $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。但し、

$$f_{n1} = Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8,$$

$$f_{n2} = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$$

【請求項3】請求項1に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01~0.30%のNbを含有し、且つ $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。但し、

$$f_{n1} = Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8,$$

$$f_{n2} = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$$

【請求項4】請求項1に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01~0.2%のCu、0.01~0.5%のNi、0.01~0.50%のMo及び0.0003~0.0100%のBのうちの1種以上、並びに0.01~0.30%のNbを含有し、且つ $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。但し、

$$f_{n1} = Si(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8,$$

$$f_{n2} = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度・高降伏比

・低延性非調質鋼に関し、より詳しくは、座屈強度に優れ、高い強度が要求されるものの延性は必要とせず、むしろ常温での冷間分割加工が可能でその破断面がフラットな脆性破面を呈し、自動車エンジンなどのコネクティングロッドやコネクティングロッドキャップ用の材料として好適な高強度・高降伏比・低延性非調質鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】自動車エンジンなどの部品である図1に示すコネクティングロッド(通称コンロッド)の本体1及びコネクティングロッドキャップ(通称コンロッドキャップ)2は、従来、別の工程で熱間鍛造された後で焼入れ焼戻しの調質処理を施され、次いで、機械加工によるボルト穴の加工と仕上げ整形加工を受け、その後でボルト3によって形状の複雑なクラランクシャフトに結合・組み立てられていた。

【0003】しかしながら、最近、厳しい経済情勢を反映して、各種自動車部品の製造コスト低減の動きが活発化しており、この動きはエンジン部品においても例外ではなくなってきている。

【0004】前記のコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に関しては、製造コスト低減対策として、両者を熱間鍛造にて一体成形しこれに焼入れ焼戻しの熱処理を施すか、あるいは熱間鍛造後放冷し、その後でコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に分割し、次いでボルト穴の加工を行うだけで、すなわち接合部(接合面どうし)に対する仕上げ整形のための機械加工は施すことなく、ボルト3でクラランクシャフトに結合して組み立てるという方法が検討されている。

【0005】上記の一体成形したコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2を分割する方法としては、例えば治具を挿入することによって図1中に矢印で示した方向に働く力を与えて分割する方法が考えられる。この方法ではコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に分割した分割面をフラットにすることが極めて重要となる。

【0006】しかしながら、従来使用してきた鋼(JIS規格のS45CやS48C相当鋼など)をそのまま用いて熱間鍛造で一体成形し、その後常温でコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に分割すると、分割面がアメやガムを千切ったような所謂「延性破断面」となってフラットな「脆性破面」が得られず、機械加工による仕上げ整形加工を行わなければならないという問題がある。上記の分割を低温(例えば液体窒素温度)で行えば脆性破壊が生じて容易にフラットな脆性破面が得られるが、大量の製品が流れる実操業ラインにおいて低温状態とすることは技術的に容易ではなく、更に設備を建設し維持する費用が嵩むため必ずしもコスト低減には結びつかないといった問題がある。

【0007】一方、熱間鍛造で一体成形した後の熱処理はコストが嵩むため、熱処理を省略できる新しいタイプの鋼に対する要望も生じている。

【0008】熱間圧延や熱間鍛造後に行う熱処理としての調質処理を省略できる非調質鋼としては、例えば特開平5-195140号公報に「非調質高強度鋼」が提案されている。しかし、この公報に記載された非調質鋼は、連続鋳造時にブルーム表面に生ずる割れを防止したタイプの高強度非調質鋼である。そのため、上記の提案鋼をコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2用鋼として用いた場合、所望の強度は得られるものの、前記した一体成形した後でコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に常温で分割する方法に対しては、延性が大き過ぎて脆性破面が得られない。従って、機械加工による仕上げ整形加工を行う必要がある。

【0009】一方、本発明者は特願平7-153030号及び特願平7-185598号の出願で高強度・低延性非調質鋼を提案した。上記の2つの出願で提案した鋼は、従来鋼と同等以上の引張強度を有し、且つ熱間鍛造した一体成形材を前記したような方法によって常温で分割した時の破面がフラットな脆性破面を呈するものの、座屈強度という点では必ずしも充分とはいえないものであった。すなわち、急発進のような厳しい条件でエンジンを稼働させた場合には、引張強度の割には降伏強度がそれほど大きくなり、換言すれば降伏比（降伏強度/引張強度）が必ずしも高くないために座屈を生じてしまうこともあった。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記現状に鑑みなされたもので、従来鋼と同等以上の引張強度を有すると共に高い降伏比を有するために降伏強度（換言すれば座屈強度）も高く、且つ熱間鍛造した一体成形材を前記したような方法によって常温で分割した時の破面が、フラットな脆性破面を呈する高強度・高降伏比・低延性非調質鋼の提供を課題とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記の課題を解決するため種々検討を重ねた結果、下記の知見を得た。

【0012】①固溶強化によってフェライトを強化するSi、析出強化によってフェライトを強化するV及び粒界脆化を促進するPは、各々単独に添加した場合には鋼の破壊形態あるいは降伏比に及ぼす影響は小さい。しかし、適正量のSi、V及びPを同時に添加すれば延性が大きく低下して鋼の脆性破壊が著しく促進されると共に降伏比が高まる。

【0013】②上記のSi、V及びPの複合添加効果の発現には、0.1%以上のSi、0.05%以上のV及び0.02%以上のPを含有し、且つ $f_{n1} = Si$

$(\%) + 2V(\%) + 5P(\%) - 0.8$ の値を0以上にすることが必要である。

【0014】③鋼の化学成分が特定の条件範囲にある時、上記の $f_{n1} \geq 0$ を満たせば0.7以上の降伏比が得られる。更に、降伏比が0.7以上で、且つ常温引張試験した時の鋼材の伸び値が10%以下の場合には、熱間鍛造した一体成形材の常温分割面はフラットな脆性破面となる。

【0015】④鋼の化学成分が特定の条件範囲にある時、非調質鋼の引張強度は下記 $f_{n2}$ で整理でき、この値が0以上の場合に800MPa以上の引張強度が得られる。

$$f_{n2} = C(\%) + Si(\%) / 10 + Mn(\%) / 5 + 5Cr(\%) / 22 + 1.65V(\%) - 5S(\%) / 7 - 0.8$$

⑤鋼の化学成分を厳密に制御した上で、上記③の $f_{n1} \geq 0$ と常温引張試験した時の鋼材の伸び値が10%以下、並びに④の $f_{n2} \geq 0$ の条件を満足できれば、高い降伏比が得られると共に常温での分割でフラットな脆性破面となり、且つ高強度が得られる。従って、前記した新しいプロセスによって所望強度である800MPa以上の引張強度と560MPa以上の降伏強度を有するコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2を製造することができる。

【0017】上記知見に基づく本発明は、下記(1)～(4)の高強度・高降伏比・低延性非調質鋼を要旨とする。

【0018】(1) 重量%で、C: 0.20～0.65%、Si: 0.1～1.5%、Mn: 0.3～2.0%、P: 0.02～0.15%、S: 0.01～0.10%、Cr: 0.02～1.50%、V: 0.05～0.50%、Nb: 0～0.10%、Ti: 0～0.20%、Al: 0～0.100%、N: 0～0.02%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、且つ前記した $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。

【0019】(2) 上記(1)に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01～0.2%のCu、0.01～0.5%のMo及び0.0003～0.0100%のBのうちの1種以上を含有し、且つ前記した $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。

【0020】(3) 上記(1)に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01～0.30%のPbを含有し、且つ前記した $f_{n1} \geq 0$ 及び $f_{n2} \geq 0$ であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。

【0021】(4) 上記(1)に記載の成分に加えて更に、重量%で、0.01～0.2%のCu、0.01～0.5%のNi、0.01～0.50%のMo及び0.0003～0.0100%のBのうちの1種以上、並び

に0.01～0.30%のPbを含有し、且つ前記した  $f_{n1} \geq 0$  及び  $f_{n2} \geq 0$  であることを特徴とする高強度・高降伏比・低延性非調質鋼。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下に、本発明における鋼の化学組成を上記のように限定する理由について説明する。なお、「%」は「重量%」を意味する。

【0023】C : Cは鋼に所望の静的強度を付与するのに必要な元素であるが、反面熱間鍛造性を低下させる元素でもある。最低限の静的強度（引張強度で800MPa以上）を得るには、0.20%以上が必要である。一方、0.65%を超えて含有させると、熱間鍛造性が低下し、熱間での鍛造時に割れを生じ易くなる。従って、Cの含有量は、0.20%～0.65%とした。

【0024】Si : Siは鋼の脱酸を促進するとともに、フェライト中に固溶してフェライトを強化する作用がある。更に、後述するP及びVと共に適正量を複合添加すれば、延性を大きく低下させて脆性破壊を促進すると共に降伏比を高める効果も有する。

【0025】これらの効果を確実に得るには、Siは0.1%以上の含有量とする必要がある。しかし、その含有量が1.5%を超えると熱間鍛造性が低下し、熱間での鍛造時に割れを生じ易くなる。従って、Siの含有量を0.1～1.5%とした。

【0026】Mn : Mnは脱酸に必要であるとともに、焼入れ性を高めて静的強度を向上させる作用がある。しかし、その含有量が0.3%未満では所望の効果が得られず、2.0%を超えると熱間鍛造性が劣化するようになるので、その含有量を0.3～2.0%とした。

【0027】P : Pは粒界脆化を引き起こし延性を低下させる作用があるので、前記したような常温での分割方法でフラットな脆性破面を得るのに有効である。更に、Si及びVと複合添加すれば降伏比を高める作用も有する。これらの効果を確実に得るために、Pは0.02%以上の含有量とする必要がある。しかし、その含有量が0.15%を超えると熱間鍛造性が著しく劣化する。従って、Pの含有量を0.02～0.15%とした。

【0028】S : Sは粒界脆化を引き起こし延性を低下させる作用があるので、Pと同様に前記したような常温での分割方法でフラットな脆性破面を得るのに有効である。また、Sにはボルト穴加工時の切削性を向上させる作用がある。しかし、その含有量が0.01%未満では所望の効果が得られず、一方0.10%を超えると熱間鍛造性が著しく劣化するようになる。従って、Sの含有量を0.01～0.10%とした。

【0029】Cr : Crは焼入れ性を向上させるとともに、静的強度を向上させる効果がある。しかし、その含有量が0.02%未満では所望の効果が得られず、1.50%を超えて含有してもその効果は飽和し、コストのみが上昇し経済性を損うことになるので、その含有量を

0.02～1.50%とした。

【0030】V : Vは（炭）窒化物を生成して結晶粒を微細化する効果を有すると共に、前述のSi及びPと複合添加すれば延性を著しく低下させて脆性破壊を促進すると共に降伏比を高める作用がある。しかし、その含有量が0.05%未満では添加効果に乏しく、一方、0.50%を超えて含有すると鋼の熱間加工性が低下する。従って、Vの含有量を0.05～0.50%とした。

【0031】Nb : Nbは添加しなくても良い。添加すれば（炭）窒化物を生成して結晶粒を微細化する効果を有する。この効果を確実に得るには、Nbは0.003%以上の含有量とすることが望ましい。しかし、0.10%を超えて含有すると鋼の熱間加工性が大きく低下するようになる。従って、Nbの含有量を0～0.10%とした。

【0032】Ti : Tiも添加しなくても良い。添加すれば（炭）窒化物を生成して結晶粒を微細化する効果を有する。この効果を確実に得るには、Tiは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、0.20%を超えて含有すると巨大なTiNが生成して熱間加工時に割れを生じ易くなる。従って、Ti含有量を0～0.20%とした。

【0033】Al : Alは添加しなくても良い。添加すれば鋼の脱酸の安定化及び均質化を図るとともに、窒化物を生成して結晶粒を微細化する作用を有する。これらの効果を確実に得るには、Alは0.005%以上の含有量とすることが望ましい。しかし、0.100%を超えて含有すると酸化物系の介在物が著しく増加して、熱間加工時に割れを生じ易くなる。従って、Alの含有量を0～0.100%とした。

【0034】N : Nは含有させなくても良い。含有させれば上記Al、Ti及びNbなどと窒化物や炭窒化物を生成して結晶粒を微細化する作用を有する。又、フリーの固溶Nには脆性破壊を促進する作用がある。これらの効果を確実に得るには、Nは0.003%以上の含有量とすることが望ましい。しかし、0.02%を超えて含有させることは技術的に困難でありコストアップにつながる。従って、Nの含有量を0～0.02%とした。

$f_{n1} : 0.1\%$ 以上のSi、0.02%以上のP及び0.05%以上のVを複合添加した時の、延性を大きく低下させ且つ降伏比を高める効果は前記  $f_{n1}$  で整理でき、この値が0以上の場合に脆性破壊が促進されると共に0.7以上の降伏比が安定して得られる。そして  $f_{n1} \geq 0$  、且つ常温引張試験した時の鋼材の伸び値が10%以下の場合に、熱間鍛造した一体成形材の常温分割破面がフラットな脆性破面となって、前記したような新しいプロセスによって、所望強度である800MPa以上の引張強度と560MPa以上の降伏強度を有するコネクティングロッド本体及びコネクティングロッドキャップを製造することができる。従って、 $f_{n1} \geq 0$  とする。

【0035】 $f_{n2}$ ：鋼の化学成分を厳密に制御し、且つ前記 $f_{n2}$ の値を0以上とした場合に始めて、コネクティングロッド本体及びコネクティングロッドキャップとして必要な800MPa以上の引張強度を非調質鋼に付与できる。従って、 $f_{n2} \geq 0$ とする。

【0036】本発明の高強度・高降伏比・低延性非調質鋼には、上記の成分に加えて、更にCu、Ni、Mo、Bのうちの1種以上及び／又はNbを含んでいても良い。これらの合金元素の作用効果と望ましい含有量は下記のとおりである。

【0037】Cu、Ni、Mo、B : Cu、Ni、Mo及びBは鋼の焼入れ性を高めて静的強度を向上させる効果を有する。従って、Cu、Ni、Mo及びBは必要に応じてその1種以上を添加しても良い。しかし、Cuの場合には0.01%未満の含有量では所望の効果が得られず、0.2%を超えて含有すると熱間加工性の劣化をもたらし、熱間圧延時や熱間鍛造時に割れの発生を招く。一方、Niの場合には、0.01%未満の含有量では所望の効果が得られず、0.5%を超えて含有すると延性と韌性の増加をきたして、フラットな脆性破面が得られなくなる。又、Moの場合には、0.01%未満の含有量では所望の効果が得られず、0.50%を超えて含有すると延性と韌性の増加をきたして、フラットな脆性破面が得られなくなる。Cu : 0.01~0.2%、Ni : 0.01~0.5%、Mo : 0.01~0.50%及びB : 0.0003~0.0100%の含有量とするのが良い。

【0038】Nb : Nbはボルト穴加工時の切削性を向上させる効果を有する。従って、Nbは必要に応じて添加しても良い。しかし、0.01%未満の含有量では所望の効果が得られず、0.30%を超えて含有すると熱間加工性の劣化をもたらし熱間圧延時や熱間鍛造時に割れの発生を招く。従って、Nbを添加する場合には、0.01~0.30%の含有量とするのが良い。

【0039】前記の化学組成を有する鋼は通常の方法で溶製された後、例えば、通常の方法による熱間での圧延及び鍛造によって、コネクティングロッド本体1とコネクティングロッドキャップ2がつながった一体物に成形される。その後、コネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2に前記したような方法によって常温で分割され、次いで、ボルト穴加工を施され、ボルト3でクランクシャフトに結合されて組み立てられる。

【0040】なお、本発明鋼を熱間で圧延及び鍛造するに際して、1230°Cを超える温度に加熱すると粒界脆化により熱間加工性が劣化して割れを生じ易くなる。一方、1100°Cを下回る温度での加熱では、変形抵抗が

大きくなるため金型やロールといった熱間加工工具の寿命が低下する。従って、熱間で圧延及び鍛造する場合の加熱温度は1100~1230°Cとすることが好ましい。

#### 【0041】

【実施例】表1~4に示す化学組成を有する鋼を通常の方法により試験炉を用いて真空溶製した。表1、2における鋼1~15は本発明鋼であり、表2~4における鋼16~36は成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較鋼である。

【0042】次いで、これらの本発明鋼及び比較鋼を1200°Cに加熱し通常の方法によって鋼片となした後、1150°Cに加熱してから1100~950°Cの温度で直径30mmの丸棒に熱間鍛造し、その後常温まで空冷した。

【0043】こうして得られた熱間鍛造ままの丸棒からJIS4号試験片を切り出し、常温で引張試験を行った。更に、常温引張試験後の破面の状態を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。

【0044】なお、30mmに熱間鍛造した丸棒の表面は目視で観察して鍛造割れの有無を確認した。

【0045】常温引張試験結果、破面観察結果及び鍛造割れ確認結果を表5、6に示す。

【0046】本発明鋼である鋼1~15にあっては、いずれも鍛造割れを生ずることもなく、所望の800MPa以上の引張強度、560MPa以上の降伏強度、0.7以上の降伏比及び10%以下の伸びが得られており、常温引張試験後の破面はすべてフラットな脆性破面であった(表5参照)。

【0047】これに対して、成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較鋼のうち、C量、Mn量と $f_{n2}$ の値がそれ規定値から低目に外れた鋼16、20と34及び35では引張強度が800MPaに達していない。

【0048】又、C量、Si量、Mn量、P量、S量、Cu量、Al量、Nb量、Ti量、V量及びNb量がそれ規定値に対して高目に外れた鋼17、19、21、23、24、25、27、28、29、31及び32には熱間での鍛造割れが認められた。

【0049】更に、Si量、P量及びV量と $f_{n1}$ の値が規定値から低めに外れた鋼18、22、30、33、35及び36は降伏比が0.7を下回り、且つ常温伸びが10%を超えるため常温引張試験後の破面はすべて延性破面である。

【0050】又、Ni量が規定値から高めに外れた鋼26は常温伸びが10%を超えるため、常温引張試験後の破面はすべて延性破面であった。(以上、表6参照)。

【0051】次いで、前記の表1及び表2に記載した本発明鋼である鋼1、5、10、及び15を素材として通常の熱間鍛造法によって、コネクティングロッド本体1

とコネクティングロッドキャップ2がつながった一体物を各々20体ずつ熱間成形した。次いで、前記した方法によって常温でコネクティングロッド本体1及びコネクティングロッドキャップ2への分割テストを行った。この結果、各鋼とも20体すべてにフラットな脆性破面が得ら

れ、機械加工による仕上げ整形なしで使用できることが分かった。

【0052】

【表1】

表 1

区 分	鋼 種	化 学 組 成 (重量%)										残部: Fe および不純物							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Nb	Ti	Al	N	Cu	Ni	Mo	B	Pb	fn1	fn2
	1	0.32	0.70	1.19	0.071	0.049	0.22	0.25	-	-	0.028	0.0058	0.02	0.01	0.01	-	0.13	0.76	0.26
	2	0.51	0.38	0.37	0.056	0.042	0.18	0.11	0.025	0.121	0.067	0.0152	0.06	0.05	0.08	0.0031	0.30	0.08	0.01
本	3	0.54	0.64	0.77	0.072	0.024	0.36	0.24	0.003	0.093	0.025	0.0049	0.05	-	0.16	0.0005	0.11	0.68	0.42
免	4	0.20	0.68	1.27	0.046	0.056	0.27	0.29	-	-	0.031	-	-	-	-	-	0.69	0.22	
明	5	0.55	0.58	0.49	0.025	0.044	0.25	0.05	0.011	-	0.073	0.0063	-	0.04	0.12	-	0.15	0.01	0.01
鋼	6	0.33	0.11	0.81	0.063	0.038	0.48	0.36	0.006	0.084	0.097	0.0056	0.11	-	0.46	0.0013	0.18	0.35	0.38
	7	0.48	0.72	1.46	0.148	0.041	0.86	0.11	0.091	-	0.029	0.0061	0.08	0.11	0.05	-	-	0.88	0.39
	8	0.37	0.57	1.98	0.057	0.054	0.33	0.25	-	0.110	0.081	0.0033	-	0.48	-	0.0024	0.01	0.56	0.47
	9	0.64	1.47	0.96	0.084	0.046	0.56	0.08	-	-	-	0.0063	0.12	-	0.24	-	0.11	1.25	0.41

$$fn1 = Si (\%) + 2V (\%) + 5P (\%) - 0.8$$

$$fn2 = C (\%) + Si (\%) / 10 + Mn (\%) / 5 + 5Cr (\%) / 22 + 1.65V (\%) - 5S (\%) / 7 - 0.8$$

【0053】

【表2】

表 2

区 分	鋼 種	化 学 組 成 (重量%)										残部: Fe および不純物							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Nb	Ti	Al	N	Cu	Ni	Mo	B	Pb	fn1	fn2
	10	0.35	0.81	0.56	0.021	0.053	0.19	0.37	-	0.012	0.033	-	0.19	0.09	0.11	-	0.16	0.86	0.36
本	11	0.51	0.18	1.08	0.078	0.081	1.49	0.26	0.008	0.157	0.005	0.0046	0.01	-	0.09	0.0024	-	0.29	0.65
亮	12	0.39	1.20	0.30	0.103	0.011	0.28	0.49	-	-	0.018	0.0124	-	0.20	-	-	0.02	1.90	0.63
明	13	0.31	0.74	1.24	0.037	0.047	0.68	0.22	-	0.021	0.046	0.0098	0.03	0.08	0.38	0.0083	0.29	0.57	0.32
鋼	14	0.41	0.27	0.68	0.075	0.096	1.24	0.18	0.011	-	0.024	0.0052	0.07	0.12	-	-	0.14	0.21	0.28
	15	0.52	1.04	1.36	0.048	0.063	0.25	0.36	0.005	0.118	0.059	0.0195	-	0.05	0.02	0.0026	0.17	1.20	0.70
比	16	*0.18	0.27	0.35	0.077	0.019	0.09	0.42	0.008	0.131	0.023	0.0056	0.02	-	-	0.0024	0.05	0.70	0.18
較	17	*0.67	1.34	0.81	0.022	0.075	0.73	0.26	0.014	-	0.009	0.0124	-	-	-	-	-	1.17	0.71
鋼	18	0.63	*0.07	1.27	0.037	0.024	1.36	0.30	-	-	0.031	0.0085	-	-	0.02	-	0.15	0.08	0.88

$$fn1 = Si (\%) + 2V (\%) + 5P (\%) - 0.8$$

$$fn2 = C (\%) + Si (\%) / 10 + Mn (\%) / 5 + 5Cr (\%) / 22 + 1.65V (\%) - 5S (\%) / 7 - 0.8$$

\*印は本発明の範囲から外れていることを示す。

【0054】

【表3】

表 3

区 分	鋼 種	化 學 組 成 (重量%)												残部: Fe および不純物					
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Nb	Ti	Al	N	Cu	Ni	Mo	B	Pb	fn1	fn2
	19	0.36	*1.53	0.47	0.148	0.043	0.18	0.49	0.006	0.084	0.035	0.0033	0.18	0.02	-	-	0.03	2.45	0.63
	20	0.21	0.12	*0.27	0.083	0.010	0.81	0.35	0.005	0.018	0.024	0.0089	0.02	0.11	0.08	0.0009	-	0.44	0.23
比 較	21	0.42	0.36	*2.05	0.074	0.081	0.17	0.27	-	-	0.005	0.0067	-	-	-	-	0.11	0.47	0.49
	22	0.23	0.27	0.95	*0.018	0.037	0.26	0.22	-	0.005	0.032	0.0054	-	0.47	0.24	0.0033	-	0	0.04
	23	0.54	0.66	0.50	*0.153	0.052	0.05	0.43	0.018	-	0.046	-	-	-	-	-	0.17	1.49	0.61
	24	0.22	0.48	1.36	0.091	*0.105	0.99	0.19	0.023	0.094	0.018	0.0073	-	0.09	-	0.0072	-	0.52	0.20
鋼	25	0.33	0.73	0.30	0.072	0.091	1.47	0.06	-	0.083	0.037	0.0082	*0.24	0.32	-	-	0.16	0.41	0.03
	26	0.29	0.35	1.03	0.069	0.044	0.38	0.18	0.094	-	0.057	0.0137	0.06	*0.52	0.47	-	0.29	0.26	0.08
	27	0.35	0.56	0.63	0.036	0.013	1.05	0.17	0.065	0.115	*0.103	0.0059	0.13	-	0.33	-	-	0.28	0.24
$fn1 = Si (\%) + 2V (\%) + 5P (\%) - 0.8$ $fn2 = C (\%) + Si (\%) / 10 + Mn (\%) / 5 + 5Cr (\%) / 22 + 1.65V (\%) - 5S (\%) / 7 - 0.8$																			
*印は本発明の範囲から外れていることを示す。																			

【0055】

【表4】

表 4

区 分	鋼 種	化 學 組 成 (重量%)												残部: Fe および不純物					
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Nb	Ti	Al	N	Cu	Ni	Mo	B	Pb	fn1	fn2
	28	0.63	0.47	1.44	0.103	0.066	0.46	0.28	*0.102	0.009	0.046	0.0095	-	-	-	-	0.15	0.75	0.68
	29	0.27	0.85	1.11	0.049	0.098	1.17	0.20	0.007	*0.210	0.097	0.0039	-	-	-	0.0037	-	0.70	0.30
比 較	30	0.46	0.67	1.98	0.115	0.053	0.22	*0.03	-	0.106	0.061	-	0.06	0.08	0.24	0.0012	0.14	0.51	0.18
	31	0.34	0.51	1.34	0.068	0.024	0.59	*0.54	-	-	0.051	0.0195	-	-	-	-	0.10	1.13	0.87
	32	0.33	0.81	0.74	0.056	0.078	1.24	0.24	0.010	-	0.072	0.0087	0.01	-	-	-	*0.33	0.77	0.38
	33	0.51	0.46	1.67	0.024	0.062	0.25	0.09	0.005	0.109	0.046	0.0103	-	-	0.10	0.0008	-	*-0.04	0.25
鋼	34	0.32	1.05	0.54	0.063	0.039	0.64	0.06	0.011	0.156	0.095	0.0063	0.07	0.05	0.01	0.0014	0.08	1.29	*-0.05
	35	0.47	0.25	0.89	*0.015	0.020	0.01	*0.01	0.007	-	0.036	0.0051	0.01	0.02	0.01	-	0.03	*-0.45	*-0.17
	36	0.70	0.18	0.50	*0.011	0.063	0.12	*0.03	-	-	0.051	-	0.02	0.01	0.01	-	-	*-0.52	0.05
$fn1 = Si (\%) + 2V (\%) + 5P (\%) - 0.8$ $fn2 = C (\%) + Si (\%) / 10 + Mn (\%) / 5 + 5Cr (\%) / 22 + 1.65V (\%) - 5S (\%) / 7 - 0.8$																			
*印は本発明の範囲から外れていることを示す。																			

【0056】

【表5】

表 5

区分	鋼種	引張強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	降伏比 (%)	伸び (%)	破面形態	熱間鍛造割れ 発生の有無
本 発 明 鋼	1	1075	871	0.81	7.4	脆性	無
	2	825	586	0.71	9.7	脆性	無
	3	1256	917	0.73	6.9	脆性	無
	4	1051	851	0.81	7.2	脆性	無
	5	821	575	0.70	9.5	脆性	無
	6	1147	837	0.73	7.7	脆性	無
	7	1145	847	0.74	7.7	脆性	無
	8	1263	973	0.77	7.4	脆性	無
	9	1171	937	0.80	7.8	脆性	無
	10	1132	917	0.81	7.9	脆性	無
	11	1323	953	0.72	6.8	脆性	無
	12	1325	1034	0.78	6.9	脆性	無
	13	1129	847	0.75	7.8	脆性	無
	14	1074	763	0.71	9.2	脆性	無
	15	1395	1060	0.76	6.1	脆性	無

[0057]

【表6】

表 6

区 分	鋼 種	引張強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	降伏比 (%)	伸び (%)	破面形態	熱間鍛造割れ 発生の有無
比 較	16	792	594	0.75	9.9	脆性	無
	17	1324	940	0.71	6.2	脆性	有
	18	1392	947	0.68	12.9	延性	無
	19	1301	1067	0.82	7.2	脆性	有
	20	789	615	0.78	9.9	脆性	無
	21	1184	864	0.73	7.8	脆性	有
	22	823	551	0.67	13.2	延性	無
	23	1295	1010	0.78	7.5	脆性	有
	24	1017	753	0.74	7.8	脆性	有
	25	823	593	0.72	9.7	脆性	有
	26	894	644	0.72	13.6	延性	無
	27	1056	771	0.73	9.1	脆性	有
	28	1311	918	0.70	6.8	脆性	有
	29	1129	858	0.76	7.8	脆性	有
	30	996	677	0.68	12.4	延性	無
鋼	31	1398	1049	0.75	6.2	脆性	有
	32	1104	838	0.76	7.8	脆性	有
	33	1037	695	0.67	12.9	延性	無
	34	756	605	0.80	9.5	脆性	無
	35	683	471	0.69	21.7	延性	無
	36	810	551	0.68	10.4	延性	無

## 【0058】

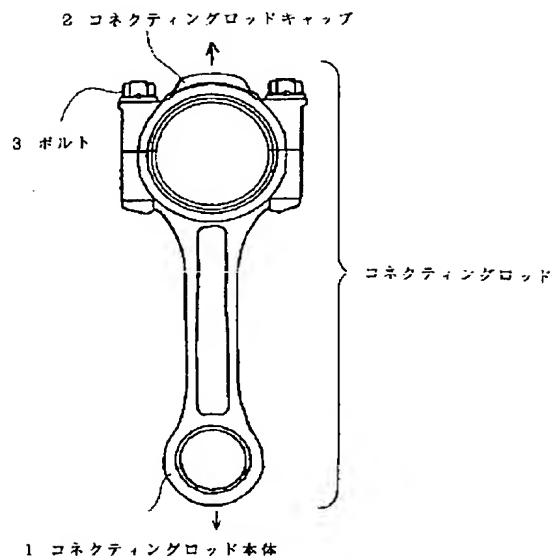
【発明の効果】本発明による高強度・高降伏比・低延性非調質鋼を用いれば、コネクティングロッド本体及びコネクティングロッドキャップをコストの低い新プロセスで

製造することが可能で、産業上の効果は大きい。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】コネクティングロッドの詳細を示す図である。

【図1】




---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I  
 C 22 C 38/60 C 22 C 38/60  
 // F 16 C 7/00 F 16 C 7/00